

Massgebende Einflussfaktoren auf die Qualität von Sichtbeton

Dr. Andreas Leemann

Empa / Gruppenleiter Betontechnologie

Teil 1: Sedimentation und Bluten von Beton

Teil 2: Wechselwirkungen zwischen Beton,
Trennmittel, Schalung, Verarbeitung und
Umgebungsbedingungen

Projektteam: Andreas Leemann, Roman Loser, Frank Winnefeld

Finanzierung:



Projektziele Teil 1

- Einfluss der folgenden Parameter auf Sedimentation und Bluten von Beton klären:
 - Zementart
 - Fliessmittel-Typ und Dosierung
 - Verarbeitbarkeit und w/z-Wert
 - Verdichtungsdauer
 - Temperatur
 - Steifigkeit der Schalung (SB3)



Vorgehen

- Phase Zementleim: Sättigungspunkt
- Phase Mörtel: Auswirkungen der verschiedenen Parameter
- Phase Beton: Auswirkungen der wichtigsten Parameter und Überprüfen der Übertragbarkeit Mörtel-Beton

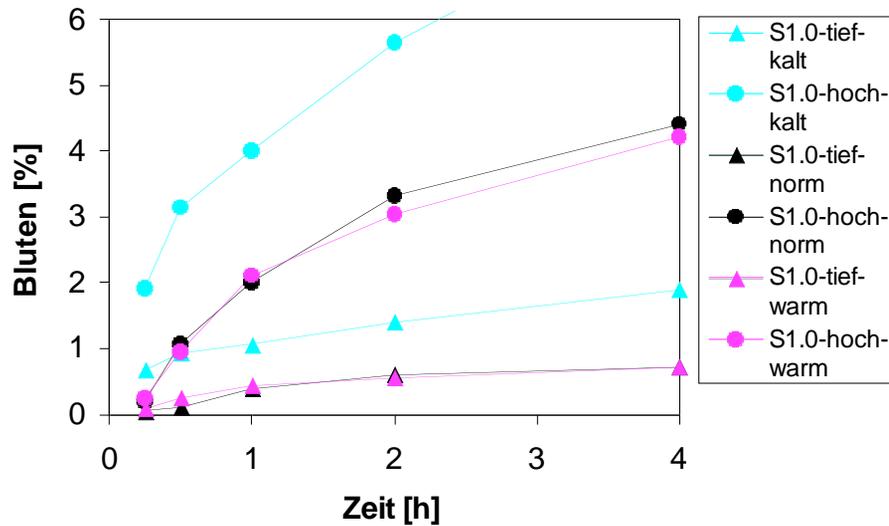
Materialien

| Zement / Zusatzstoff | Fliessmittel |
|-----------------------------|---------------------------------|
| CEM II/A -LL 42.5 N (A) | Naphtalinsulfonate ("NF") |
| CEM II/A -LL 42.5 N (B) | Polycarboxylate Ether 1 ("PC1") |
| CEM I 42.5 N (A) | Polycarboxylate Ether 2 ("PC2") |
| Steinkohleflugasche | - |

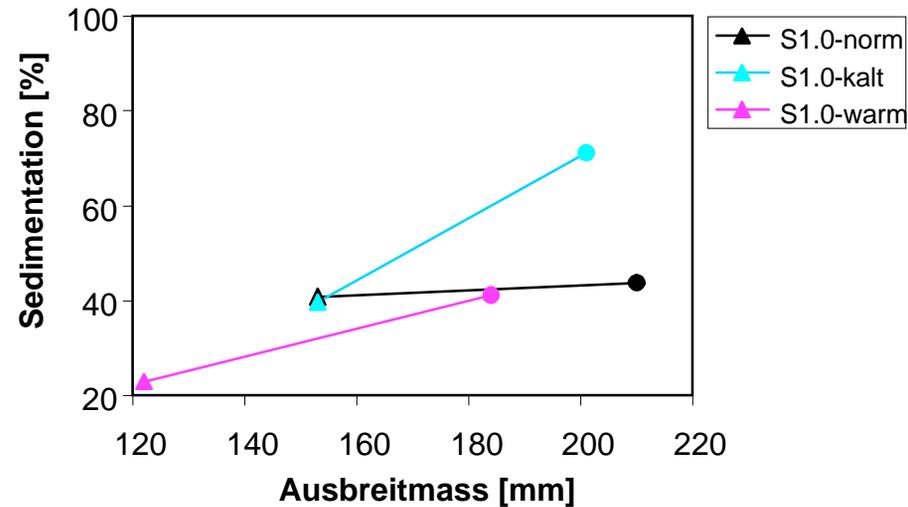
Resultate

- Mörtelversuche: Beispiel Temperatur

CEM II/A-LL 42.5 N (A), FM NS, _ Temperatur



CEM II/A -LL 42.5 N (A), Δ Temperatur



- Bluten wird durch tiefe Temperaturen verstärkt
- Temperatur wirkt sich auf die Sedimentation nicht aus

Resultate

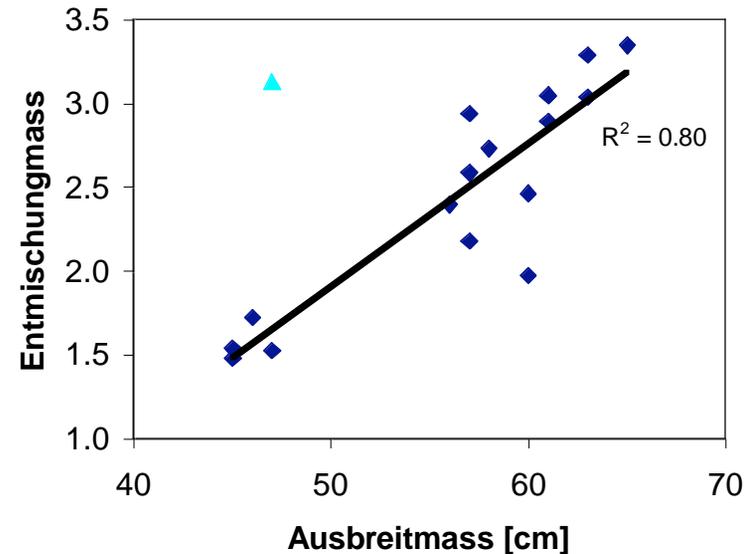
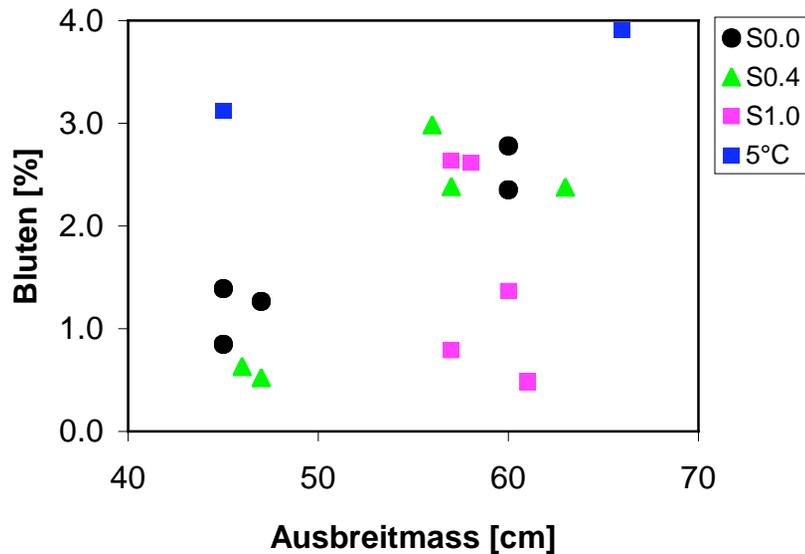
- Mörtelversuche: Beispiel Verarbeitbarkeit



- durch Erhöhung des Ausbreitmasses werden Bluten und Sedimentation verstärkt
- Auswirkungen auf Sichtflächen

Resultate

- Betonversuche



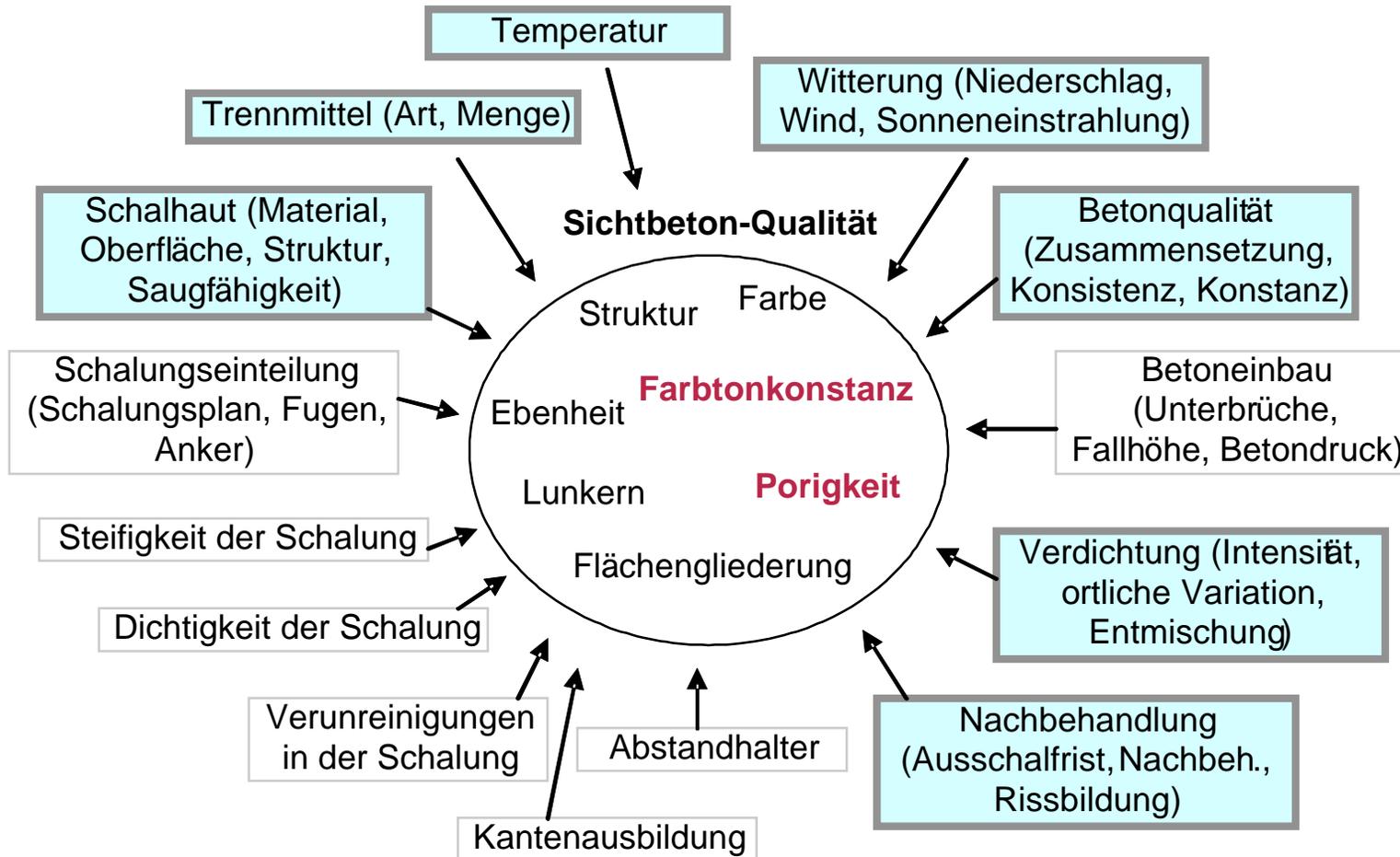
- Sedimentation und Bluten werden massgebend durch das Ausbreitmass gesteuert
- Bluten wird durch tiefe Temperaturen wesentlich verstärkt

Zusammenfassung: Wertung der Einflussfaktoren

| Einflussfaktor | Sedimentation | Bluten |
|-------------------|-------------------|-------------------|
| Verarbeitbarkeit | massgebend | massgebend |
| Verdichtungsdauer | massgebend | untergeordnet |
| Zementart | nicht relevant | untergeordnet |
| Fliessmittel | nicht relevant | untergeordnet * |
| Luftporenbildner | massgebend | untergeordnet |
| Temperatur | nicht relevant | massgebend |

* beim Beton, beim Mörtel massgebend

Projektziele Teil 2: Einflussfaktoren auf Sichtbeton

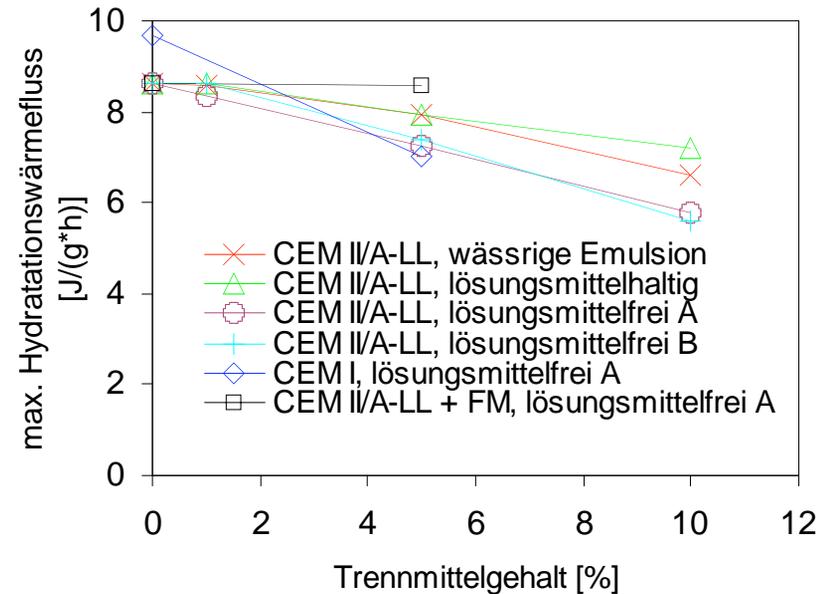
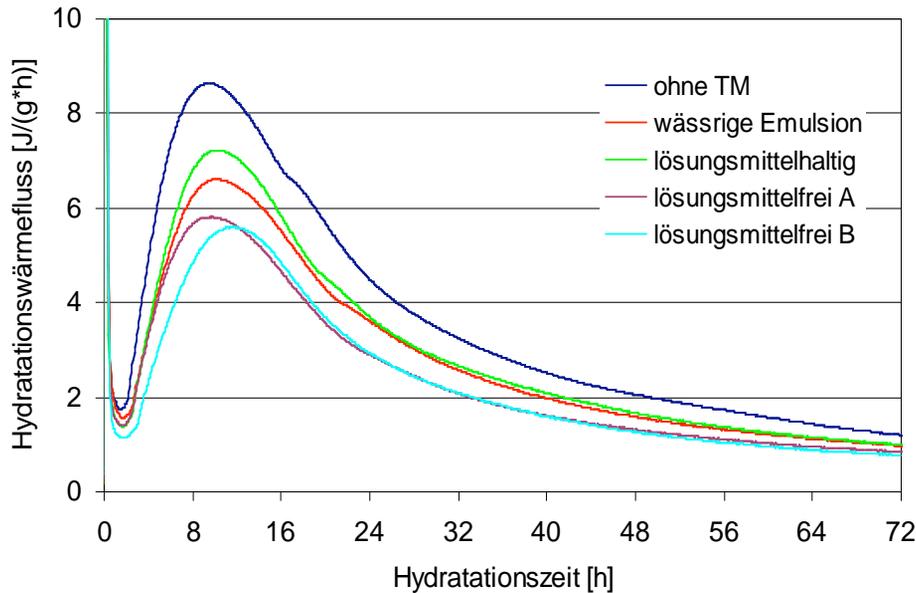


Materialien

- Beton: 320 kg/m³ CEM II/A-LL 42.5 N, w/z = 0.50, ohne Zusatzmittel, Ausbreitmass ca. 40-43 cm, $f_{c,28} \approx 45 \text{ N/mm}^2$
- Trennmittel:
 - wässrige Emulsion pflanzlicher Öle
 - lösungsmittelhaltiges modifiziertes Mineralöl
 - lösungsmittelfreies modifiziertes Mineralöl, Hersteller A und B
- Schaltafeln:
 - phenolharzbeschichtete Furniersperrholzplatte, 120 g/m² (braun)
 - melaminharzbeschichtete Dreischichtplatte (gelb)
 - kunststoffbeschichtete Birkensperrholzplatte (blau)
 - gehobelte Brettschalung (Fichte), unbeschichtet

Beeinflussung der Zementhydratation durch Trennmittel

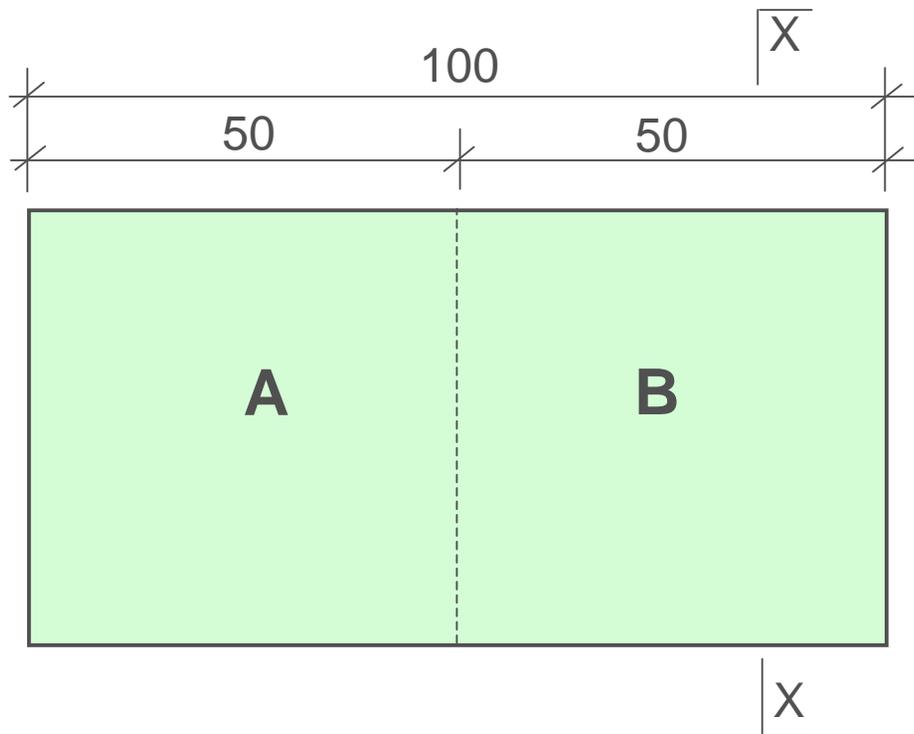
CEM II/A-LL 42.5, w/z=0.50
10% Trennmittel/Zement



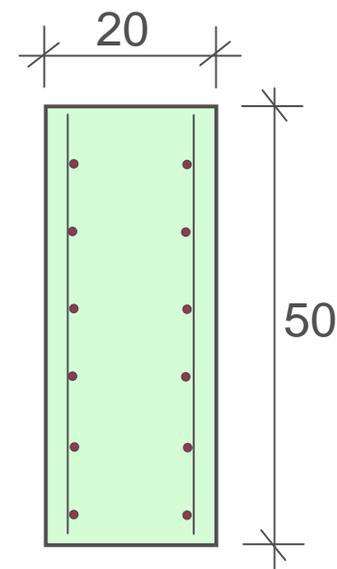
- hohe Trennmittelgehalte beeinflussen die Zementhydratation
- Beeinflussung bei CEM I grösser als bei CEM II/A-LL
- keine Beeinflussung bei zusätzlicher Zugabe von Fließmittel

Betonierversuche

Ansicht



Schnitt X-X

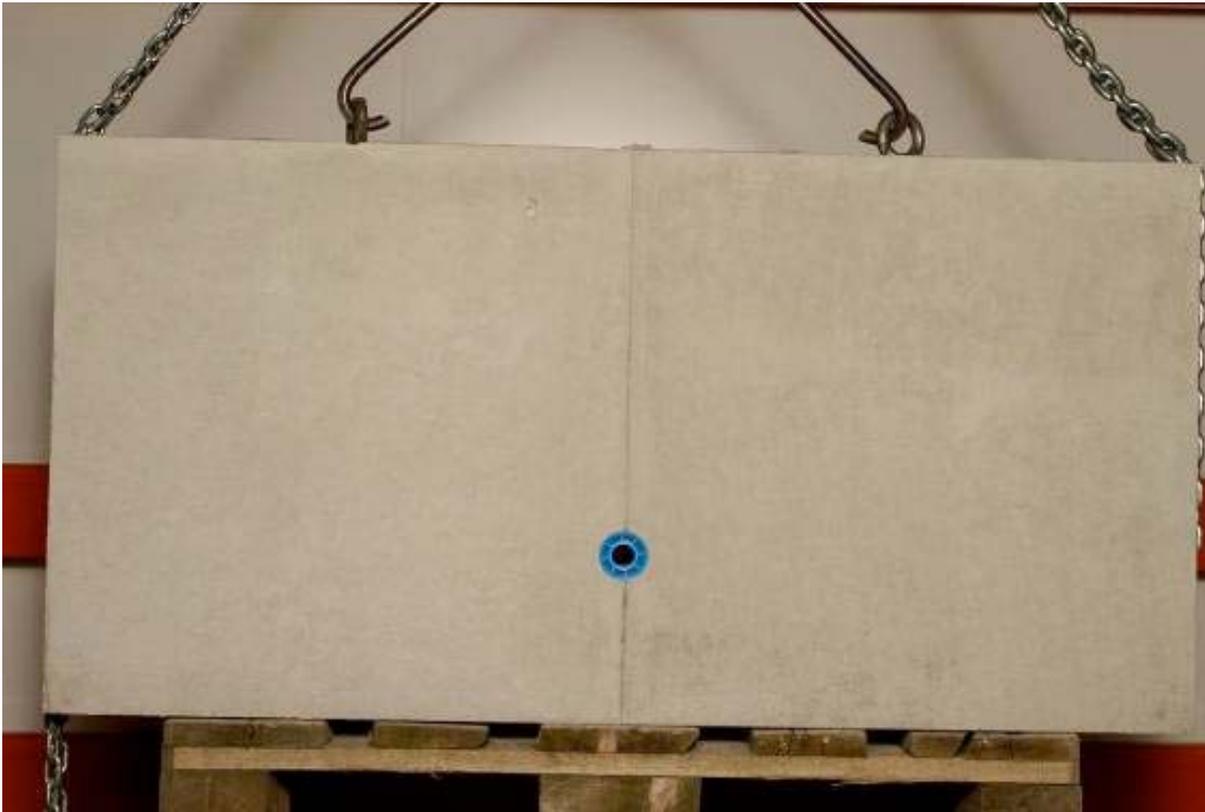


Schalttafelart ohne Trennmittel



Homogene Oberflächen

- Beton im Konsistenzbereich F4 – F5, der nicht zum Bluten neigt



Bsp. Beton mit
Luftporenbildner

Übermässiger Trennmittelauftrag bei Konsistenz F2 – F3



Beton im Konsistenzbereich F4 – F5, starkes Bluten



Bsp. Beton mit
 $w/z = 0.60$,
Alter 14 d

Tiefe Temperatur (5°C), Beton ohne Fließmittel

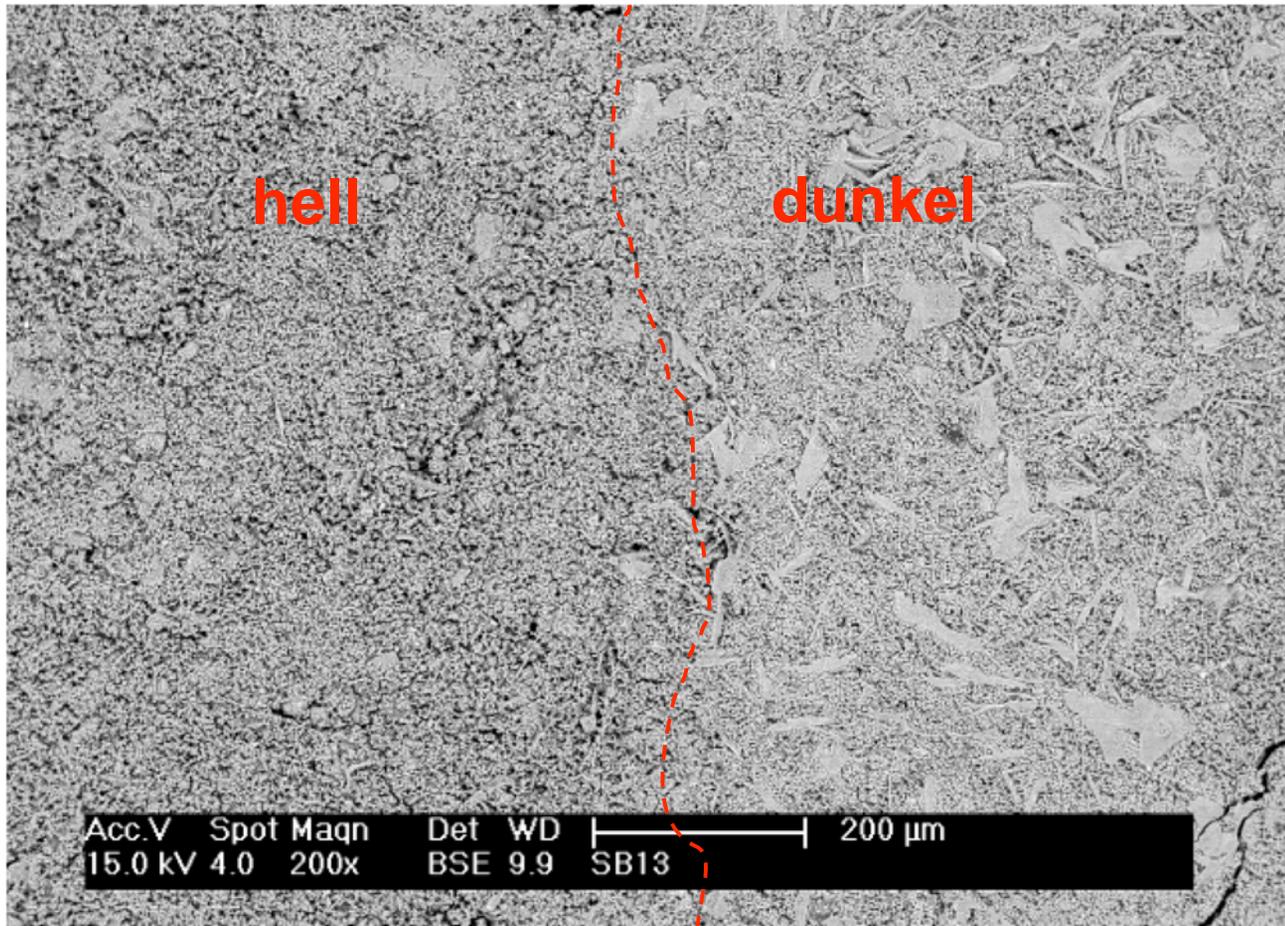


14 d bei 5°C

weitere 7 d bei 20°C



Tiefe Temperatur (5°C), Beton mit Fließmittel



Betonoberfläche
(Rasterelektronen-
mikroskop)

Bewitterte Schaltafeln



Randaufwölbung bei Schalttafeln (v.a. braune Schalttafel)



- Wasserzutritt in Schalttafelränder verhindern!

Schlussfolgerungen

- homogenste Oberflächen mit Beton der Konsistenzklasse F4 – F5 und geringem Bluten
- grösste Helligkeitsunterschiede bei tiefen Temperaturen und Beton der Konsistenzklasse F4 – F5 mit starker Neigung zum Bluten
- dunkle Flecken bei lokal saugender Schalung
- übermässiger Trennmittelauftrag führt zu Hydratationsstörungen
- Schaltafeln nicht frei bewittert lagern
- Wassereintritt in Schalbrettungen verhindern (v.a. bei brauner Schalung)
- Trennmittel verringern die Porigkeit
- mit zunehmendem Ausbreitmass des Betons nimmt die Porigkeit ab